

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКТИВНО-КОНДУКТИВНОГО НАГРЕВА ДЛЯ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.И.Елшин<sup>1</sup>, А.С.Попов<sup>2</sup>, П.А.Елшин<sup>1</sup>, М.А. Дмитриева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> «Сибирский государственный университет водного транспорта», Новосибирск, Россия, [inmash@ngs.ru](mailto:inmash@ngs.ru)

<sup>2</sup> «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова», Якутск, Россия, [yakru@yandex.ru](mailto:yakru@yandex.ru)

**Аннотация** — В докладе рассмотрены вопросы электротеплоснабжения в условиях Крайнего Севера. Приведены нормативы удельной тепловой мощности при электроотоплении. Показаны пути снижения топливopotребления и улучшения комфортности жизнеобеспечения.

**Ключевые слова** — электроотопление, электроснабжение, топливopotребление.

Климатические особенности Республики Саха (Якутия) требуют повышенной надежности и работоспособности инженерных систем жизнедеятельности населенных пунктов. Анализ климатологических данных для проектирования систем теплоснабжения показывает, что в республике не только очень низкие расчетные температуры наружного воздуха для проектирования отопления, которые составляют от -42°C (Алдан) до -60°C (Оймякон), но и среднегодовые температуры. Продолжительность отопительного периода в отдельных местностях достигает 365 суток, т.е. фактически является круглогодичным.

В структуре потребления тепла в республике основная доля в общем теплопотреблении приходится на население (более 40%), промышленность (около 40%) и коммунально-бытовой сектор (немного более 20%). Потери в тепловых сетях составляют около 17% от общего отпуска тепловой энергии. Основная доля в суммарном производстве тепла в республике приходится на котельные на органическом топливе – около 60%, доля электростанций – около 30%, доля электрокотельных – 4,5%.

В настоящее время электрокотельные республики вырабатывают около 760 тыс. Гкал/год, при этом потребляется 930 млн. кВт.ч электроэнергии. В основном все электрокотельные расположены на территории Мирнинского улуса Западного энергорайона. Технические показатели этих электрокотельных приведены в табл. 1.

При переводе котельных с органического топлива на электроэнергию суммарной установленной мощностью 513,4 Гкал/ч и производством тепла 761,4 тыс. Гкал будет ежегодно высвобождаться 141,6 тыс. т.у.т. топлива.

Новое строительство шести промышленных электрокотельных предполагается на алмазных месторождениях «Мир», «Удачная» и «Верхняя Муна», ниобий-редкоземельном месторождении «Томтор»,

Кючусском месторождении золота и свинцово-цинковом месторождении «Сардана». Суммарная мощность котельных составит более 50 Гкал/ч [1].

Таблица 1

Характеристики электрокотельных

Населенный пункт	Кол-во котельных, шт.	Производ. тепловой энергии, тыс. Гкал	Потребл. энергии, млн. кВт·ч
Мирный	3	2,4	2,9
Светлый	1	39	47,6
Арылах	1	19	23,2
Заря	1	2	2,4
Чернышевский	10	136	166,1
Удачный	7	379	462,8
Айхал	5	184	224,7
Всего	28	761,4	929,8

Строительство ВЛ-220 кВ Мирный–Сунтар–Нюрба создало благоприятные условия для передачи дополнительных электрических мощностей в Сунтарский и Нюрбинский улусы. Анализ эффективности использования электроотопления на социальных, жилых и производственных объектах в Сунтарском и Нюрбинском районах, переведенных на электроотопление в 2007-2010 годах, показал следующие положительные результаты.

Технико-экономические:

- эффективное использование мощностей каскада Вилуйских ГЭС-1, 2;

- на цели электроотопления задействована возобновляемая энергия каскада Вилуйских ГЭС, вследствие чего сократится использование невозобновляемых источников энергии, т.е. видов органического топлива таких как - уголь, нефть, газоконденсат, дрова. В связи с закрытием котельных в селах Шея, Бордон, Туойдах сократилось потребление угля на 10 тыс.тонн (с 2007 по 2009 гг.) (отчет МР «Сунтарский улус(район)» от 27.01.2009 г. №04-7);

- эксплуатационные расходы на содержание систем автономного электроотопления снижены в несколько раз по сравнению с котельными и тепловыми сетями - в связи с закрытием котельных в селах Шея, Бордон, Туойдах экономия средств на их эксплуатацию составила: по жилищному фонду – 10 217 тыс.рублей; по бюджетным организациям 2 919 тыс. рублей. (с 2007

по 2009 гг.) (отчет МР «Сунтарский улус(район)» от 27.01.2009 г. №04-7);

- на порядок сокращается количество персонала, занятого на обеспечении теплоснабжения объектов (кочегары, операторы, сантехники, слесари и т.д.) Сокращено 82 чел. персонала Сунтарского и Нюрбинского филиалов ГУП «ЖКХ РС (Я)» (отчет МР «Сунтарский улус(район)» от 27.01.2009 г. №04-7).

Экологические:

- вследствие ликвидации котельных на органическом топливе уменьшаются выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение почвы и воды отходами при производстве тепла на котельных и его передаче по тепловым сетям. Выбросы вредных веществ от угольных котельных исключены полностью в селах Шея, Туойдах, Бордон, Кюндядя;

- сокращается или прекращается вырубка лесных массивов для заготовки дров на отопление объектов социального значения и частично индивидуального жилого сектора.

Социальные:

- вследствие строительства новых объектов энергетики (линий электропередачи, трансформаторных подстанций, распределительных пунктов) и реконструкции существующих электрических сетей повышается надежность и качество электроснабжения населения Сунтарского и Нюрбинского районов;

- вследствие исключения воды в качестве теплоносителя в автономных системах электроотопления исключаются аварийные ситуации, связанные с протечками теплоносителя, размораживанием систем;

- повышается комфортность проживания людей в сельской местности вследствие улучшения микроклимата внутри зданий, отсутствия необходимости ежедневно заготавливать дрова для печи, растапливать и следить за печью и т.д..

Согласно принятым решениям рабочей группы, образованной распоряжением Правительства РС(Я) № 54-р от 21 января 2005 года, приоритетом должны пользоваться системы прямого стационарного электроотопления без промежуточных теплоносителей, которые относятся к электроприемникам 3-й категории, что значительно удешевляет строительство питающих электросетей. При этом не требуется дополнительное строительство двухцепных ЛЭП, двухтрансформаторных КТП и резервных ДЭС.

На социальных объектах в качестве основного отопления должно применяться автономное электроотопление на базе электроконвекторов. Для этой цели эффективно использование сухих индуктивно-кондуктивных конвекторов, разработанных под руководством проф. Елшина А.И. и производимых на одном из заводов г. Новосибирска.

В качестве основного отопления в частном жилом секторе целесообразно применить индуктивно-кондуктивные нагреватели, встроенные непосредственно в систему водяного отопления. Печное отопление в данном случае сохраняется в качестве резервного (аварийного) на случай перерыва электроснабжения.

Для обогрева пожарных резервуаров предлагается применить погружные индуктивно-кондуктивные нагреватели.

При переводе зданий на автономное электроотопление (электроконвекторы) средняя удельная мощность электроотопительных нагрузок зависит от функционального назначения объекта. Исходя из реального опыта эксплуатации систем электроотопления в 2005-2006 гг. в селах Тойбохой и Тэнкэ Сунтарского улуса принята следующая нормативная база удельной мощности электроотопления, Вт/м<sup>3</sup> (табл. 2).

Таблица 2

Нормативная база электроотопления

Наименование объектов	Удельная мощность электроотопления Вт/м <sup>3</sup>
Детские сады, ясли (с учетом теплых полов)	48
Жилые дома, учебные заведения	42
Административные и производственные здания	38
Кухни, кузницы, теплые туалеты, склады	30
Гаражи	20

При этом в жилых зданиях и детских учреждениях средняя удельная мощность систем электроотопления принята со значительным запасом мощности относительно нормируемых величин, учитывая реальное состояние (износ) ограждающих конструкций зданий (не соответствующих требованиям СНиП).

Для определения расхода электрической энергии на отопление объектов использована действующая в настоящее время методика «Нормирование расхода тепла и топлива на отопление и горячее водоснабжение зданий в Якутской АССР», утвержденной постановлением СМ ЯАССР №186 от 22 апреля 1986 г.

Средняя продолжительность отопительного периода по Сунтарскому и Нюрбинскому улусам составляет – 260 суток, при средней температуре -17,1°С. Для расчета необходимого количества электрической энергии на отопление 1м<sup>3</sup> объема зданий и сооружений в год найдем коэффициент загрузки отопительных приборов «К», используя данные табл.3.

Таблица 3

Среднемесячная и годовая температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
Сунтар	-34,2	-28,8	-18,7	-6,0	5,1	14,4
Нюрба	-36,1	-30,4	-19,9	-7,4	4,5	14,1
Средняя	-35,2	-29,6	-19,3	-6,8	4,7	14,2
Месяц	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сунтар	17,7	13,6	5,3	-6,3	-23,3	-32,0
Нюрба	17,2	13,5	5,2	-7,1	-25,1	-34,1
Средняя	17,6	13,6	5,2	-6,7	-23,9	-33,3

$$K = \frac{T_{н.в. max} - T_{ср. н. в.}}{T_{н.в. max} - T_{ср. min}},$$

где  $T_{н.в. max} = + 13,5^{\circ}\text{C}$  – максимальная температура наружного воздуха, при которой отопительный период завершается;

$T_{ср. н. в.}$  – температура наружного воздуха средняя по месяцам отопительного периода;

$T_{ср. min} = - 35,2^{\circ}\text{C}$  – минимальная температура наружного воздуха за отопительный период.

В табл. 4 приведены коэффициент и время загрузки отопительных приборов по месяцам.

Таблица 4

Коэффициент и время загрузки отопительных приборов

	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
K	1	0,89	0,67	0,42	0,18	0,17	0,42	0,78	0,96
T, ч	744	672	744	720	744	720	744	720	744

По полученным значениям коэффициента «K» определено необходимое количество электрической энергии по месяцам и за год на  $1 \text{ м}^3$ . При переводе зданий на автономное электроотопление (электроконвекторы) средняя удельная нагрузка электроотопительных приборов зависит от функционального назначения объекта (табл. 5).

Таблица 5

Среднее удельное потребление электрической энергии электроотопительными приборами, кВтч/м<sup>3</sup>

Объект	Месяцы отопительного периода									год
	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	
Детские сады	36	26	24	15	6	6	15	27	34	189
Жилые дома	31	25	21	13	6	5	12	24	30	167
Админ. здания	28	23	19	12	5	5	12	21	27	152
Склады	22	18	15	9	4	4	9	17	21	119
Гаражи	15	12	10	6	3	2	6	11	14	79

Проблема рационального развития систем теплоснабжения в Северном энергорайоне требует большего внимания в связи с тем, что на Крайнем Севере наличие тепла – главное условие для производственной и социальной деятельности населения. Эта проблема приобретает еще большую остроту и актуальность при постоянной тенденции к удорожанию топлива и транспортировки энергии для потребителей в экстремальных условиях Крайнего Севера.

При формировании подходов к политике развития и использования энергетических источников и ресурсов в районах Крайнего Севера необходимо учитывать следующие специфические особенности:

- территория относится к многолетним мерзлым грунтам, а по климату – к зоне арктического, субарктического пояса;
- локальные и отдаленные участки освоения и развития, потребители относятся к зоне

децентрализованного электро-, теплоснабжения и сезонного топливоснабжения;

- отсутствие постоянных (круглогодичных) транспортных связей;

• в связи с экстремальными низкими температурами – максимально долгие сроки отопительного периода в сравнении с другими регионами;

- населенные пункты в подавляющем большинстве не имеют теплоустойчивых зданий, жилья.

Значительные затраты на привозное топливо, проблемы его транспортировки и хранения, трудности эксплуатации котельных на органическом топливе выдвигают необходимость изыскания альтернативных вариантов получения тепла. Одним из направлений решения проблемы, в первую очередь, применительно к рассредоточенным, небольшим потребителям, ликвидации неэкономичных мелких котельных является применение электрической энергии для целей теплоснабжения.

Характерными особенностями северных поселений является территориальная рассредоточенность и малая плотность тепловой нагрузки, обусловленная существующей малоэтажной и малообъемной застройкой, что затрудняет применение обычной схемы централизованного теплоснабжения.

В 590 сельских населенных пунктах республики имеется порядка 2000 маломощных котельных, свыше 100 тысяч автономных печей на угле и дровах. Коэффициент полезного использования в таких отопительных системах колеблется в пределах 0,23-0,46, себестоимость тепловой энергии достигает более 3 000 руб./Гкал.

Расчётные значения технических данных мелких котельных и индивидуальных теплогенераторов показывают, что сжигание твердого топлива осуществляется с КПД, не более 55 % [3]. Эта величина соответствует оптимальным условиям эксплуатации нового теплогенератора при непрерывном режиме со стабильными свойствами угля (влажность не более 8 %, зольность не более 16-18 %, размеры кусков 13-25 мм, содержание мелочи не более 20 %).

Циклический характер сжигания топлива в печи предопределяет снижение КПД печи в периоды подсушки и разогрева топливного слоя, догорания остатков, занимающих около 50% времени горения. При этом среднециклический КПД при сохранении оптимальных условий горения лежит в пределах 35-40 %. При эксплуатации печи происходит осаждение сажи и твердых частиц продуктов сгорания топлива на теплообменных поверхностях и дымопроводах, что влечёт за собой увеличение термического сопротивления стен, снижение теплоотдачи, ухудшение тягодутьевых характеристик агрегата и, как следствие, уменьшение величины КПД до 25-30 % и увеличение расхода топлива.

Существенное влияние на процесс горения оказывает качество угля. Различные свойства углей требуют корректировки процесса горения, что практически не удается осуществить в индивидуальных печах, а это приводит к перерасходу топлива и низкой эффективности теплообразования.

Обобщая вышесказанное, можно утверждать, что реальный КПД преобразования энергии угля в теплоту

мелких котельных и индивидуальных теплогенераторов находится на уровне 15-20 % при условии соблюдения правил эксплуатации и обслуживания.

Транспортировка угля к потребителю от центрального склада, трудозатраты по погрузке, выгрузке и складированию в хранилище, обеспечение охраны, загрузка печи и выгрузка отходов требуют дополнительных расходов, оцениваемых в настоящее время в сумму, равную стоимости угля, что также должно быть учтено при расчете и сравнении различных топливных систем на органическом топливе и электроотоплении.

Кроме того, обостряется проблема снабжения сельского населения дровами, при этом потребление на семью ежегодно составляет около 25 куб. м. Значительное удорожание затрат на дрова в результате истощения местных лесных ресурсов вокруг населенных пунктов привели к тому, что использование электрической энергии на обогрев жилых помещений, приготовление пищи экономически выгоднее, чем использование дров на эти цели. Социологические исследования показали, что ежедневно на заготовку дров и топку печей семья тратит 40 % личного времени. При этом, с учетом обслуживания котельных, централизованной заготовкой топлива и самозаготовки дров занято около половины мужского населения села.

Оценивая достоинства электроотопления, необходимо учитывать стабильность характеристик электроэнергии, обеспечивающих гарантированные КПД и теплопроизводительность установки в течение всего отопительного сезона. Существенной особенностью является легкость и простота процесса регулирования температуры в помещении в зависимости от изменения внешних климатических условий. В этом случае надежно программируется энергосбережение и экономия топлива, так как быстрое реагирование на смену погоды исключает "перетопы" помещения и сохраняет до 30% первичных энергоресурсов. Автоматизируется учет и контроль потребления электроэнергии, исключаются затраты на содержание охраны складских помещений и обслуживающего персонала котельной.

Затраты для потребителя соизмеримы с затратами на централизованное теплоснабжение, однако необходимо учесть существенные потери, связанные с эксплуатацией малоэффективных котельных, с большой протяженностью и неудовлетворительной изоляцией теплотрасс. Кроме прямых потерь тепла значительный объем финансирования требуется и для эксплуатации существующей традиционной системы отопления, а также для устранения постоянно возникающих аварийных ситуаций (вскрытия и ремонта теплотрасс, восстановления жилищного фонда после протечек). Существующая практика организации отопления и используемое устаревшее оборудование часто приводят к загрязнению окружающей среды и значительному ухудшению экологической ситуации в городах.

Анализ существующей на территории Севера и Арктики России локальной энергетики на базе дизель-генераторных электрических станций приводит к выводу, что в ближайшие пятьдесят лет она не имеет альтернативы. Природно-климатические условия

ограничивают, а порой исключают применение возобновляемых источников энергии.

Электроснабжение районов Крайнего севера и Арктики на территории Республики Саха (Якутия) обеспечивает АО «Сахаэнерго» - предприятие, входящее в состав ПАО «РАО Энергетические системы Востока».

Оценка современного состояния энергетического хозяйства АО «Сахаэнерго» свидетельствует, что в составе Общества имеется автономных 125 дизельных электрических станций (ДЭС), общей мощностью 188 МВт, загрузка которых по сложившимся современным обстоятельствам существенно ниже оптимальной. Это повышает относительные издержки и себестоимость производства электроэнергии. Анализ, проведенный для Анабарского улуса, показывает, что номинальная длительная зимняя нагрузка ДЭС составляет около 35% от установленной мощности, минимальная летняя – около 15%.

Одновременно с этим, параллельно существует тепловая энергетика, функционирующая отдельно от электрической. Мощности котельных используются с КПД не более 10%, что существенно увеличивает топливную составляющую в общих затратах.

В 2017 году АО «Сахаэнерго» планирует завести в навигационную кампанию 82720 тонн дизтоплива, угля 21200 тонн, нефти – 100 тонн.

Авторам представляется целесообразным после проведения тщательного экономического исследования ситуации в каждом конкретном случае, исключить котельные на угле из теплового цикла, а эту нагрузку передать ДЭС, установив у потребителя индуктивно-кондуктивные нагреватели напряжением 0,4 непосредственно в зданиях и помещениях и 10 кВ вне помещений.

Этим достигается: ликвидация наружных трубопроводных систем теплоносителя, имеющих до 50% потерь транспортируемой тепловой энергии от котельной; оптимальная нагрузка ДЭС, особенно в ночное время; снижение относительной топливной составляющей в общих издержках и повышение КПД использования первичного топлива;

повышение комфортности жилищ; единое управление электрической и тепловой генерацией; унификация сервисного обслуживания; снижение эксплуатационных издержек; возможность обеспечения автоматического управления процессом электротеплонагрева.

Расчеты показывают, что увеличение загрузки ДЭС АО «Сахаэнерго» на 10% снижают общее топливопотребление на 47850 т.у.т в год.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Энергетическая стратегия республики Саха (Якутия) до 2030 года. Якутск-Иркутск 2009 г. / Под руковод. Н.И.Воропай, А.Ф.Сафронов, О.И.Слепцов.
- [2] Ефимов, Н.К., Елшин, А.И. и др. Использование электроэнергии для теплоснабжения в республике Саха (Якутия) //Журнал «Научн. пробл. транс. Сибири и Дальнего Востока». -Новосибирск: изд-во НГавт, 2011.-№ 1. – С.244-247.
- [3] Соснин, Ю.П., Бухаркин, Е.Н. Отопление и горячее водоснабжение индивидуального дома: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1991.–184 с.